

地震活動研究について

岸 本 兆 方

INVESTIGATION OF SEISMICITY

Yoshimichi KISHIMOTO

(1) 今年度から総括講演というものが行なわれることになり、毎年4部門程度づつが順次それに当ることになりました。この総括講演は、各部門で行なわれている研究活動を総括して述べ、部門間の研究上の相互理解を深め、そして防災研究所全体の研究活動をより緊密にすることを目的とするものと考えております。従って、以下において、地かく変動部門および鳥取微小地震観測所における研究活動について御説明し、且その意義について簡単に述べてみたいと思います。

さてここに表題として、「地震活動研究について」と致しましたが、これは編集委員の方から適当な表題をつけるようにとの御要求があったからで、部門の研究活動の総括としてはあるいは非常に適当というわけにはゆかぬかも知れません。しかし以下段々と述べる理由によって、あながちこじつけでもないと思えるわけであります。

地震活動という言葉はその定義がかなり漠然としております。何をもって地震活動といい、あるいはサイスミシティというかについてはいろいろな解釈が可能でありましょう。普通よく用いているように、サイスミシティという言葉で、地震の震源分布や発生数あるいはその変化状態という風に解釈するならば、それはかなり限られた意味しか持ちません。しかし地震活動という言葉に含まれている意味は、もっと広く且根本的立場で解釈すべきであると思われます。少なくとも、震源分布といった表面に現われた現象のみに限らず、その現象の根源である機構の面にまで目を向けた上で論ずべきであります。もしそうでなければ、地震活動研究というものは、まことに複雑なつかみ所のないものになってしまい、本質を明らかにすることはできないでしょう。

例えばアメリカ西海岸における例を考えて見れば、この辺の事情はよく理解されると思います。アメリカ西海岸には、サン・アンドレアス断層という長大な断層系が存在しておりますが、昔から断層の動きを地震発生の原因と考えるいわゆる「断層地震説」の盛んな所であります。これは以前には、やや直観的な断層と地震との結び付けといった面がなきにしもあらずだったように思われますが、特に最近いろいろと研究方法が発達して来、かなり具体的な震源過程を考えるまでになってきたようです。そしてこの結果は、同地方の地震活動を考える上で、重要な基礎となっているといってもよいと思います。我が国は、構造学的にも非常に複雑な地域でありますし、地震発生のメカニズムは、必らずしもアメリカ西海岸のように単純なものではないかも知れません。しかし複雑であればある程、地震発生機構の問題は、地震活動の解明に重要になってくるわけであります。

地かく変動部門における研究活動の目的は、結局、地震活動に関連する種々の問題を、いろいろの立場からその本質に立到って解明しようとするものであるということが出来ます。

(2) そもそも地かく変動部門が設置されたのは、いわゆる地殻変動と大地震発生との関連性を研究するためでありました。地震は、その根源となるエネルギーの問題はともかくとして、最終的には地殻岩石のひずみエネルギーとして蓄えられ、破壊によって開放されるものであることには先ず異論はありません。このよ

うにひずみエネルギーが岩石中に蓄えられるためには、岩石はひずみを起し、破壊寸前にはかなり大きな量(10^{-4} 程度)に達する、従ってそれらは伸縮や傾斜の異常変化となって現われると考えられます。傾斜計や伸縮計によってこれらの異常変化を捉え、地震発生を予知できるであろうとする考え方は、京都大学においては、佐々憲三・故西村英一両博士によってほぼ30年も昔に実行に移され、現在に到っているものであることは御承知の通りであります。この両博士の考え方の正しさは、昭和18年鳥取大地震の時、兵庫県生野鉾山の観測室において、地震発生の前触と見られる異常変化を観測したことに始まり、その後数々の例によって、又最近では松代群発地震の観測によっても、ほぼ間違いないものとなったと考えて差支えないと云えましょう。

このような傾斜や伸縮の観測は、準静的現象をその対象としています。しかし一方現在では、地震発生時に震源域で行なわれている挙動を dynamical に取扱うことが非常に発達して来ておりますが、この方面の研究は、蓄積されたひずみエネルギーが地震として開放される際のメカニズムを知る上で極めて重要なものであります。

我々の研究活動は、ひずみエネルギーが徐々に蓄積されて行き、開放されるという一連の過程において、そこから派生してくる種々の現象をそれぞれの立場から研究して行こうという他なりません、それを判り易くするために、よく行なわれるような現象のタイム・スケールによる分類によって示して見ようと思えます。Table 1 はこれを示したもので、タイム・スケールの大きな順に並べて見たものであります。

Table 1

研 究 方 法	主 な 研 究 目 的
地 殻 変 動 連 続 観 測 測 測 地 学 的 測 量 超 長 周 期 地 震 波 観 測	地震発生前後にわたる ひずみおよび応力場の性質の研究 地震発生に伴なう震源域における変位および 応力の動力学的研究。 震源域およびその近傍におけるレオロジカル な性質の研究
地 震 波 動 解 析	地球内部構造および性質の研究。 波動解析による震源過程の研究。
短 周 期 地 震 波 動 観 測	地震発生の場合についての研究。 大地震発生との関連性の研究。

次にこの表について簡単に述べたいと思います。

(3) 上に述べましたように、まず地殻変動連続観測や測地学的変動の測量のような静的ないし準静的過程の研究が挙げられます。地殻変動の連続観測による研究は、防災研究所を含め京都大学において、現在まで極めて盛んに研究が続けられている分野であり、その間すぐれた且ユニークな業績が挙げられてきたことは改めて申上げるまでもありません。地かく変動部門においても、この分野の研究は大きなウェイトを占め、全国20カ所の観測室で観測が続けられています。先にも申しましたように、大地震発生とそれに伴なう地殻変動の異常の存在はほぼ確かめられるに到っておりますし、又個々の地震だけでなく、ある地域における一連の地震活動と地殻変動の様式との関連性についても、やや定性的ながらかなりの成果が挙げられつつある現状であります。

しかし一方、地殻変動という現象は、非常に多くの要素が組合わさって現われているものであり、且地域性あるいは局所性の非常に大きいものであります。従って、その中から地震発生に関する異常変動を抽出し、更に一般性を持たせること——それには当然変動の定量的研究が必要となります——は、極めてむつか

しい問題であります。この問題を解決するためには、観測方法及び解析方法自体の研究、更に観測計器の開発が最も重要なものの一つとなって来ますので、この方面にも努力を払っております。

測地学的測量と書きましたのは、三角測量や水準測量による広域にわたる地殻変動の測定、光波測量などによるやや広域の変動観測の意味であります。これらの諸観測は、上記傾斜計・伸縮計などによる地殻変動の連続観測が、かなり狭い——ある場合には点と考えられる——地域の変動であって局所性に大きく支配されるのに比べて、より広範な地域における総変動量を与えるもので、これらの空間的スケールの異なる種々の変動を併せ考えることは、地殻変動の本質を明らかにするためにも、又大地震発生との関連性を一般的に取扱えるようにするためにも重要なことであります。

要するに、この分野での目的は、地震発生に伴うひずみおよび応力場の性質を、空間的にも時間的にも大きなスケールで眺め、地震活動との関係を明らかにしようとすることであります。

(4) 超長周期地震波とはややあいまいな表現ですが、この項目の研究目的は、地震発生の際に起る震源域内およびその近傍での変位や応力変化を dynamical な方法によって捉えることにあります。最近長周期表面波や実体波の解析、特に dislocation theory などの理論的研究により、かなり実際に即した震源モデルを作ることに成功しつつあるようであります。例えば断層を地震発生の原因とする立場においては、断層の長さ、深さと幅、ずれの様式と量、モーメントの大きさ、応力変化およびひずみ変化などが求められております。これらの研究は、主としていわゆる far-field term の解析によるものでありますが、もし震源域のごく近傍での観測がなされ、且観測計器の周波数帯を極めて低周波まで広げるならば、いわゆる near-field term の観測が可能となります。このことは震源過程の研究をより詳細なものとするものであり、更に震源領域の rheological property を解明するにも役立つであらうでしょう。現在超長周期ひずみ地震計による観測を行っておりますが、この方面の研究は強力に推進する必要があります。

(5) 次に地震波動解析と書きましたのは、上にも触れましたが、実体波・表面波など地震波動 (far-field term) の解析を意味します。これは地震学においても、最も見事な成果を挙げた分野の一つであることはいうまでもありません。この方面の研究は二つに大別することができます。すなわち一つは地球内部構造および性質の研究であり、他の一つは発生機構に関するものであります。地球内部構造・性質の問題はそれ自身としても重要且興味ある問題であります。地震発生論においても、地震発生場として根本的重要性を持つことは言うまでもありません。近年の発展としては、特に地球の非弾性の研究に大きな進歩があり、地震活動の状態と関連させて、地震発生論に本質的な問題を提示しているように思われますがここでは詳しく述べません。地震発生機構の研究については、上にも述べましたからここにはくり返しませんが、いわゆる fault-plane solution で代表されるような単純化されたモデルから、具体的な震源過程へと進みつつあるわけであり、この方向の研究に今後とも最有力な武器であることは変りないと思われます。

(6) これまで述べて来ましたのは、主として大地震を対象として、その一つ一つの発生機構を調べようとするものであります。もちろんこれは、地震活動の性質の解明につながるものではありませんが、しかし、地震発生場に主眼点を置きその性質を調べるには、よりタイム・スケールの短かい、いわゆる微小地震・極微小地震などの極めて小さい地震の役割が重要なものとなります。微小地震や極微小地震を用いて地震発生場の研究を行なうには、種々の立場が考えられます。これらの地震の発生数は非常に多いので、地震発生の性質の法則性を統計的に求めることが可能であります。又これらの空間的にも時間的にもスケールの極めて小さい地震によって、場の微細構造を求めることができるので、場を支配している諸要素をある程度分離して取扱うことも可能となりましょう。いずれにせよ、これらは要するに微小地震を一般の地震として取扱い、その法則性を明らかにしようとするものであり、いいかえれば、微小地震の場をより大きな地震の場の

縮小モデルと考えて、そこから地震全体に適用さるべき法則を見出そうとする立場ということができます。

又一方では、微小地震を大地震発生に関する直接の情報伝達者と考えることもできます。この故に、微小地震観測が地震予知研究計画に重要な地位を占めているので、我々としてもこの点に特別の努力を払わなければならない。しかし、これとても上に述べた微小地震自体の研究と決して無縁のものであるわけではなく、繰返し述べてきましたように、その活動状態の本質の研究なくしては、地震発生予知の一般法則とはならないであろうと思うのであります。

(7) 以上簡単に地かく変動部門における研究活動とその意義について述べてきました。これらはすべて力学的観点に立ち、計測地震学の方法をその土台とするもので、我々の研究活動の主体をなすものであります。しかし特に述べておきたいことは、地震発生という複雑な自然現象の本質を明らかにするためには、このような力学的取扱いのみでは不十分であるということであります。地震発生のような問題では、恐らくいろいろな要素の影響が組合わさって一つの現象を作上げているので、ある一つの立場のみからでは結局現象論的な過程論に止まり、本質の解明には到達しえないのではないかということであります。例えば微小地震の震源分布を見ますと、断層や褶曲などの地質構造と極めて密接な関係があるように見える場合があります。しかもそういった地質構造の構成された年代が相互に異なっているにも拘らず、現在の微小地震活動としては同じように現われているように見えます。このようなことがもし本当に存在するとすれば、それは微小地震のみでなく、一般に地震発生の性質として重要な問題を含んでいると思われますが、これはもはや地震学的立場のみからでは解決することはできません。

こう云うわけで、他分野——例えば地質学・岩石物性論・地球熱学など——との、いわゆる境界領域の開拓が特に必要な段階に到っていると考えるのであります。

(8) 最後に地震予知の問題について一言つけ加えて終りたいと思います。

元来地震予知は別に特殊な題目ではなく、地震学上の1テーマとして当然存在するものであります。従って地震学という学問は、必然的に防災面を含んでいると云ってよいでしょう。しかし、防災研究所の一員としての我々は、地震予知は恒に終局の目的として考えておかねばならぬ義務があると云わねばなりません。前節までにいろいろと述べて来た研究活動は、地震発生あるいは地震活動の本質解明という観点に立って見たものでありましたが、それぞれの項目は、直接的あるいは間接的に地震予知に結びつくものであります。特に地殻変動や微小地震の研究は、地震予知研究計画に重要な項目として取上げられている如く、そのまま地震予知の研究であるといってもよろしい。ただ注意すべきことは、たとえ地震の本性の研究と地震予知研究とが、必ずしも盾の両面の如くには一対一に対応しないとしても、やはり本質の解明をおろそかにして地震予知はありえないだろうということであります。我々は、地震予知研究に対してあまりに臆病になることはよくないことだと思いますが、一方地震予知研究に拙速はいまむべきであると考えます。我々の部門における研究は、一見あまり地震予知に結付かぬようなものもあるのですが、終局的にはすべて地震予知に結付くべきものであります。